

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-110102

(43)公開日 平成6年(1994)4月22日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 F 2/02

H 0 1 S 3/10

識別記号

庁内整理番号

8106-2K

A 8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-262154

(22)出願日 平成4年(1992)9月30日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 清水 薫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 堀口 常雄

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 小山田 弥平

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

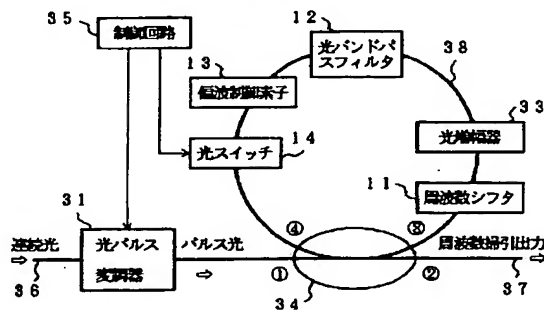
(54)【発明の名称】 光周波数掃引装置

(57)【要約】

【目的】 光波の周波数を掃引する光周波数掃引装置に関し、広帯域および高精度で光波の周波数を掃引することができることを目的とする。

【構成】 外部から入射された連続光をパルス光に変換する光パルス変調器と、パルス光を第1入力ポートに取り込み、第1出力ポートを外部への出力ポートとする光方向性結合器と、光方向性結合器の第2の出力ポートと第2の入力ポートとの間を結合し、その光路中にパルス光を増幅する光増幅器と、パルス光の周波数に所定の周波数シフトを与える周波数シフタと、パルス光のオン・オフを行う光スイッチとを挿入した光ループ回路と、光パルス変調器および光スイッチを同期制御する制御回路とを備えた光周波数掃引装置において、光ループ回路の光路中に、パルス光を透過させ、光増幅器で発生する自然放雑音光を除去する透過帯域特性を有する光バンドパスフィルタを挿入して構成する。

本発明の光周波数掃引装置の実施例構成



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部から入射された連続光を所定のパルス幅を有するパルス光に変換して出力する光パルス変調器と、

第 1 入力ポートあるいは第 2 入力ポートの入射光を第 1 出力ポートおよび第 2 出力ポートに分波出力する構成であり、前記パルス光を第 1 入力ポートに取り込み、第 1 出力ポートを外部への出力ポートとする光方向性結合器と、

前記光方向性結合器の第 2 の出力ポートと第 2 の入力ポートとの間を結合し、その光路中に前記パルス光を増幅する光増幅器と、前記パルス光の周波数に所定の周波数シフトを与える周波数シフタと、前記パルス光のオン・オフを行う光スイッチとを挿入した光ループ回路と、前記光パルス変調器および前記光スイッチを同期制御する制御回路とを備えた光周波数掃引装置において、前記光ループ回路の光路中に、前記パルス光を透過させ、前記光増幅器で発生する自然放出雑音を除去する透過帯域特性を有する光バンドパスフィルタを挿入したことを特徴とする光周波数掃引装置。

【請求項 2】 外部から入射された連続光を所定のパルス幅を有するパルス光に変換して出力する光パルス変調器と、

第 1 入力ポートあるいは第 2 入力ポートの入射光を第 1 出力ポートおよび第 2 出力ポートに分波出力する構成であり、前記パルス光を第 1 入力ポートに取り込み、第 1 出力ポートを外部への出力ポートとする光方向性結合器と、

前記光方向性結合器の第 2 の出力ポートと第 2 の入力ポートとの間を結合し、その光路中に前記パルス光を増幅する光増幅器と、前記パルス光の周波数に所定の周波数シフトを与える周波数シフタと、前記パルス光のオン・オフを行う光スイッチとを挿入した光ループ回路と、前記光パルス変調器および前記光スイッチを同期制御する制御回路とを備えた光周波数掃引装置において、前記光ループ回路の光路中に、

前記パルス光を透過させ、前記光増幅器で発生する自然放出雑音を除去する帯域透過特性を有する光バンドパスフィルタと、前記パルス光を光学的損失の少ない偏波状態に制御する偏波制御素子とを挿入したことを特徴とする光周波数掃引装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の光周波数掃引装置において、周波数シフタと光スイッチとを 1 つの音響光学素子で構成したことを特徴とする光周波数掃引装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光波の周波数を掃引する光周波数掃引装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光周波数の制御、変調および掃引は、光源の物理的なパラメータの制御による直接変調方式をとるか、あるいは外部の変調器の変調信号の制御による外部変調方式がとられていた。しかし、いずれの方式をとっても、従来構成では高い周波数掃引精度を実現することは困難であった。したがって、光通信、光計測あるいは光信号処理等では、光周波数の利用はごく狭い範囲に限定されていた。

【0003】 このような状況に対して、光波の周波数を極めて高い精度で階段状に掃引することができる全く新しい技術が開発された（特願平 4-36181 号）。その光周波数掃引装置は、図 3 に示すように、入射連続光を所定のパルス幅を有するパルス光に変換する光パルス変調器 31 と、内部に音響光学周波数シフタ 32 と光増幅器 33 を含む光ループ回路とを有し、光パルス変調器 31 から出力されるパルス光が光方向性結合器 34 を介して光ループ回路に導かれる構成である。なお、光方向性結合器 34 では、パルス強度の半分を外部へ出力し、残り半分を光ループ回路の光増幅器 33 へ送出する。

【0004】 光増幅器 33 ではそのパルス光を増幅し、音響光学周波数シフタ 32 では増幅されたパルス光に所定の周波数シフトを与えて光方向性結合器 34 に導く。光方向性結合器 34 では、再びパルス光を外部出力と周回パルス光とに分波する。以下同様に、パルス光には光ループ回路を一周することに所定の周波数シフトが与えられる。これにより、光方向性結合器 34 から外部へ出力される光の周波数は、時間軸上でシフト周波数を単位として階段状に変化させることができる。

【0005】 なお、制御回路 35 は、光パルス変調器 31 と音響光学周波数シフタ 32 とを同期制御して周波数掃引を周期的に繰り返す操作を行う。また、パルス光のパルス幅と、光ループ回路のループ長（周回時間）とを等しくすることにより、周波数が階段状に変化する疑似的な連続光を出力させることができる。また、光増幅器 33 において、光方向性結合器および光ループ回路における光学的損失を補償できる十分な利得が得られれば、光ループ回路を複数回周回させることができ、その後のパルス光に比較的大きな周波数シフトを与えることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、先願の光周波数掃引装置の構成では、光ループ回路中に配置される光増幅器で自然放出雑音（ASE）が発生する。この自然放出雑音は、パルス光が光ループ回路を周回することに蓄積されるので、パルス光を複数回周回させて広い範囲にわたって周波数を掃引することは実際には困難であった。

【0007】 すなわち、自然放出雑音が信号光に対して所定のレベルにあれば、光増幅器の増幅媒体中に形成

された反転分布が自然放出雑音光の増幅にも費やされるので、信号光と自然放出雑音光とを合計した光の総強度が周回ごとに一定に保たれても信号光の強度はその都度減少してしまい、周回回数を多くとって広い範囲で周波数掃引を行うことはできなかった。

【0008】本発明は、このような不都合を解消し、広帯域および高精度で光波の周波数を掃引することができる光周波数掃引装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、外部から入射された連続光を所定のパルス幅を有するパルス光に変換して出力する光パルス変調器と、第1入力ポートあるいは第2入力ポートの入射光を第1出力ポートおよび第2出力ポートに分波出力する構成であり、パルス光を第1入力ポートに取り込み、第1出力ポートを外部への出力ポートとする光方向性結合器と、光方向性結合器の第2の出力ポートと第2の入力ポートとの間を結合し、その光路中にパルス光を増幅する光増幅器と、パルス光の周波数に所定の周波数シフトを与える周波数シフトと、パルス光のオン・オフを行う光スイッチとを挿入した光ループ回路と、光パルス変調器および光スイッチを同期制御する制御回路とを備えた光周波数掃引装置において、光ループ回路の光路中に、パルス光を透過させ、光増幅器で発生する自然放出雑音光を除去する透過帯域特性を有する光バンドパスフィルタを挿入したことを特徴とする。

【0010】請求項2に記載の発明は、さらに光ループ回路の光路中に、パルス光を光学的損失の少ない偏波状態に制御する偏波制御素子を挿入したことを特徴とする。請求項3に記載の発明は、周波数シフトと光スイッチとを1つの音響光学素子で構成したことを特徴とする。

【0011】

【作用】本発明の光周波数掃引装置は、光ループ回路の周波数シフトで所定の周波数シフトを与え、光増幅器で増幅させながらパルス光を周回させる際に、光ループ回路の光路中に光増幅器で発生する自然放出雑音光を除去する光バンドパスフィルタを挿入することにより、自然放出雑音光の強度を著しく低減させることができる。したがって、パルス光および自然放出雑音光が周回する際に、光増幅器における自然放出雑音光の増幅が抑制されるので、パルス光の周回回数を多くして広帯域の周波数掃引を実現することができる。

【0012】挿入する光バンドパスフィルタの帯域幅Bと、n回目の周回後における出力パルス光の強度 P_n との間には、光増幅器の雑音指数をm、光子のエネルギーをE、外部から入射される光の強度を P_0 とすると、近似的に、

$$P_n = (1 - 2mE \cdot B / P_0)^n \cdot P_0$$

の関係が成立する。ここで、光バンドパスフィルタの帯

域幅Bが狭いほど括弧内の値は1に近く、多数回の周回を経ても信号光の強度がほぼ保存されることがわかる。たとえば、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光に対して、 $B=100\text{GHz}$ 、 $P_0=1\text{mW}$ の場合に、信号光強度が入射光強度の半分に減少するまでには、10000回の周回が可能である。なお、信号光は周回ごとに周波数がシフトするので、周回回数（周波数掃引帯域）は光バンドパスフィルタの帯域幅Bによって制限される。

【0013】請求項2に記載の発明の光周波数掃引装置は、さらに光ループ回路の光路中にパルス光を光学的損失の少ない偏波状態に制御する偏波制御素子を挿入することにより、偏波の変動に伴う損失の変動を抑え、安定した周波数掃引出力動作を実現することができる。

【0014】請求項3に記載の発明の光周波数掃引装置は、音響光学素子を用いることにより、周波数シフトと光スイッチの機能を兼用させることができる。

【0015】

【実施例】図1は、本発明の光周波数掃引装置の実施例構成を示すブロック図である。なお、本実施例は、請求項2に記載の発明に対応する実施例である。

【0016】図において、光パルス変調器31は、外部入力ポート36からレーザ光源その他で発生させた連続光を取り込み、所定のパルス幅を有するパルス光に変換して光方向性結合器34の第1入力ポートに出射する。光方向性結合器34の第1出力ポートには外部出力ポート37が接続され、第2の出力ポートと第2の入力ポートがループ状の光導波路38を介して結合される。この光導波路38には、光方向性結合器34で分波されたパルス光に所定の周波数シフトを与える周波数シフト11、光増幅器33、光増幅器33で発生する自然放出雑音光を除去する光バンドパスフィルタ12、偏波制御素子13および光スイッチ14が挿入され、光ループ回路が構成される。

【0017】制御回路35は、光スイッチ14および光パルス変調器31のオン・オフ状態を同期制御する。これにより、最後の周回パルス光と外部から入力されるパルス光が時間的に重なり合うのを避けることができ、周波数掃引を周期的に繰り返すことができる。

【0018】なお、偏波制御素子13には、例えば $1/2$ 波長板あるいは $1/4$ 波長板が用いられる。この偏波制御素子13の有無は、光周波数掃引動作には直接の影響はないが、それを挿入することによって偏波の変動に伴う損失の変動を抑えることができ、出力光の強度を安定化させることができる。また、周波数シフト11の位置は光バンドパスフィルタ12の後段にしてもよく、さらに図3に示した音響光学周波数シフト32を用いることにより、周波数シフト11と光スイッチ14の機能を兼用させることもできる。

【0019】このような構成により、光ループ回路を周回するパルス光には、一周することに所定の周波数シフ

トが与えられ、光方向性結合器34から外部出力ポート37へ出力される光の周波数は、時間軸上でシフト周波数を単位として階段状に変化させることができる。なお、光パルス変調器31から射出するパルス光のパルス幅と、光ループ回路のループ長（周回時間）とを等しくすることにより、外部出力ポート37に取り出されるパルス光は、周波数が階段状に変化する疑似的な連続光とすることができる。

【0020】ここで、本発明の特徴とするところは、光バンドパスフィルタ12により光増幅器33で発生する自然放雑音光を除去する構成にあり、パルス光の周回回数が増えても信号光成分の劣化を最小限に抑えることができる。すなわち、広帯域な光周波数掃引を高精度で行うことができる。

【0021】図2は、本実施例における光周波数掃引動作を確認する実験結果を示す図である。図において、横軸は波長であり、縦軸は光強度である。また、一点鎖線は外部から入力される光の波長1534.6nmを示し、実線波形は周波数シフトを受けた出力であり、破線波形は光バンドパスフィルタ12で除去不能な自然放雑音光である。(a)は270周回後に周波数にして約20GHzシフトした様子を示し、(b)は540周回後に約40GHzシフトした様子を示し、(c)は810周回後に約60GHzシフトした様子を示す。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、光ループ

回路の光増幅器で発生する自然放雑音光を光バンドパスフィルタで効果的に除去することができるので、パルス光の周回回数を極めて多くすることができる。すなわち、高い周波数掃引精度を保持したまま、極めて広帯域で周波数を掃引することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光周波数掃引装置の実施例構成を示すブロック図。

【図2】実施例における光周波数掃引動作を確認する実験結果を示す図。

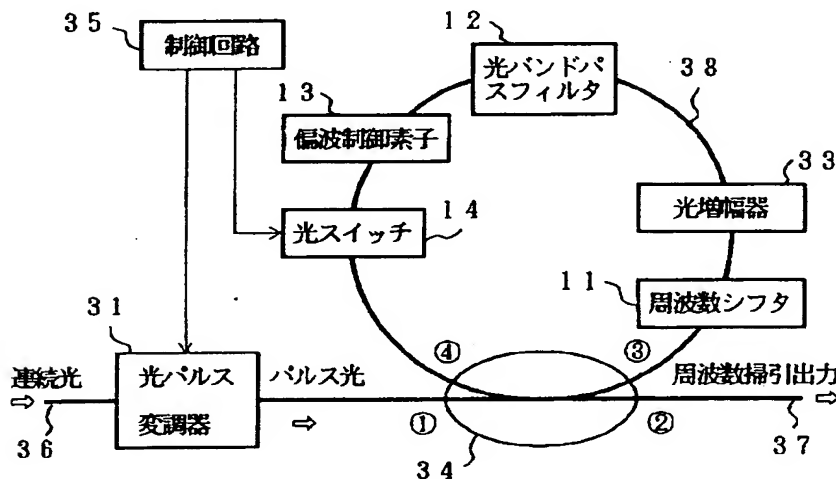
【図3】先願における光周波数掃引装置の構成例を示すブロック図。

【符号の説明】

- 11 周波数シフタ
- 12 光バンドパスフィルタ
- 13 偏波制御素子
- 14 光スイッチ
- 31 光パルス変調器
- 32 音響光学周波数シフタ
- 33 光増幅器
- 34 光方向性結合器
- 35 制御回路
- 36 外部入力ポート
- 37 外部出力ポート
- 38 光導波路

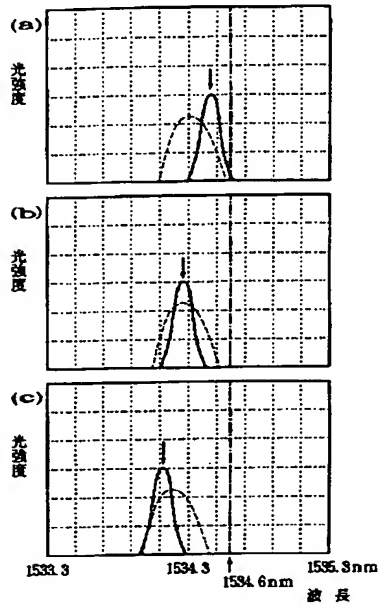
【図1】

本発明の光周波数掃引装置の実施例構成



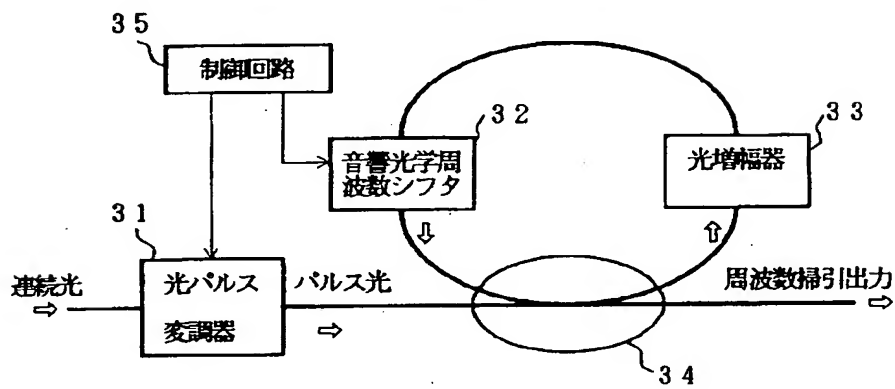
【図2】

実施例における光周波数掃引動作を確認する実験結果



【図3】

先願における光周波数掃引装置の構成例



(11) Japanese Unexamined Patent Application Publication No.

6-110102

(43) Publication Date: April 22, 1994

(21) Application No. 4-262154

(22) Application Date: September 30, 1992

(71) Applicant: Nippon Telegraph and Telephone Corporation

(72) Inventor: Kaoru SHIMIZU, et al.

(74) Agent: Patent Attorney, Fumio FURUYA

(54) [Title of the Invention] OPTICAL FREQUENCY SWEEPING
APPARATUS

(57) [Abstract]

[Object] An object is to make it possible for an optical frequency sweeping apparatus which sweeps a frequency of a light wave to sweep a frequency of a light wave in broadband with high precision.

[Construction] An optical frequency sweeping apparatus includes: an optical pulse modulator for converting continuous incident light from the outside into pulsed light; a light directional coupler for capturing the pulsed light into a first port and uses a first output port as an output port to the outside; an optical loop circuit for connecting a second output port and a second input port of the light directional coupler and including, in a light path

thereof, an optical amplifier for amplifying the pulsed light, a frequency shifter for giving a predetermined frequency shift to the frequency of the pulsed light and an optical switch for turning the pulsed light on and off; and a control circuit for synchronous controlling the optical pulse modulator and the optical switch, wherein a optical band-pass filter having a transmission band characteristic eliminating amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier is inserted in the light path of the optical loop circuit.

[Claims]

[Claim 1] An optical frequency sweeping apparatus comprising: an optical pulse modulator for converting and outputting continuous incident light from the outside into pulsed light having a predetermined pulse width; a light directional coupler having a structure for splitting incident light of a first input port and a second input port into a first output port or a second output port in order to capture the pulsed light into the first port and to use the first output port as an output port to the outside; an optical loop circuit for connecting the second output port and the second input port of the light directional coupler and including, in a light path thereof, an optical amplifier for amplifying the pulsed light, a frequency shifter for giving a predetermined frequency shift to the frequency of the pulsed light and an optical switch for turning the pulsed light on and off; and a control circuit for synchronous controlling the optical pulse modulator and the optical switch, wherein an optical band-pass filter having a transmission band characteristic transmitting the pulsed light and eliminating amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier is inserted in the light path of the optical loop circuit.

[Claim 2] An optical frequency sweeping apparatus,

comprising: an optical pulse modulator for converting and outputting continuous incident light from the outside into pulsed light having a predetermined pulse width;

a light directional coupler having a structure for splitting incident light of a first input port and a second input port into a first output port or a second output port in order to capture the pulsed light into the first port and to use the first output port as an output port to the outside;

an optical loop circuit for connecting the second output port and the second input port of the light directional coupler and including, in a light path thereof, an optical amplifier for amplifying the pulsed light, a frequency shifter for giving a predetermined frequency shift to the frequency of the pulsed light and an optical switch for turning the pulsed light on and off; and a control circuit for synchronous controlling the optical pulse modulator and the optical switch,

wherein a optical band-pass filter having a transmission band characteristic transmitting the pulsed light and eliminating amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier and

a polarized-wave control element for controlling the pulsed light in a polarized-wave state having little optical loss are inserted in the light path of the optical loop circuit.

[Claim 3] The optical frequency sweeping apparatus

according to Claim 1 or Claim 2,
wherein the frequency shifter and the optical switch are
constituted by one acousto-optical element.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of Industrial Application] The present invention
relates to an optical frequency sweeping apparatus for
sweeping a frequency of a light wave.

[0002]

[Description of the Related Art] In known control,
modulation, and sweeping of an optical frequency, a direct
modulation method by controlling physical parameter of a
light source or an external modulation method by controlling
a modulation signal of an external modulator is employed.
However, by using either method, it has been difficult to
achieve frequency sweeping with high precision using the
known structure. Accordingly, use of an optical frequency
has been limited to a very small range in optical
communications, optical measurement, or optical signal
processing, etc.

[0003] Under these circumstances, a completely new
technique capable of sweeping the frequency of a light wave
with very high precision in a stepwise manner has been
developed (Japanese Patent Application No. 4-36181). As
shown in Fig. 3, the optical frequency sweeping apparatus

has a structure having an optical pulse modulator 31 for converting continuous incident light into pulsed light having a predetermined pulse width and an optical loop circuit which internally includes an acousto-optical frequency shifter 32 and an optical amplifier 33 and in which the pulsed light output from the optical pulse modulator 31 is led into an optical loop circuit through a light directional coupler 34. In this regard, in the light directional coupler 34, a half of the pulse strength is externally output and the remaining half is transmitted to the optical amplifier 33 of the optical loop circuit.

[0004] The optical amplifier 33 amplifies the pulsed light, and the acousto-optical frequency shifter 32 gives a predetermined frequency shift to the amplified pulse light, and leads it to the light directional coupler 34. The light directional coupler 34 splits the pulsed light again into an external output and circulating pulsed light. Subsequently, in the same manner, a predetermined frequency shift is given to the pulsed light for each full circle of the optical loop circuit. Thus, the frequency of the light output from the light directional coupler 34 to the outside can be changed in a stepwise manner using the shift frequency as a unit on the time axis.

[0005] In this regard, a control circuit 35 synchronously controls the optical pulse modulator 31 and the acousto-

optical frequency shifter 32 to perform cyclically repeating the operation of frequency sweeping. Also, by making the pulse width of the pulsed light and the loop length (circling time) of the optical loop circuit equal, it is possible to output pseudo-continuous light having a frequency changing in a stepwise manner. Also, when a sufficient gain for compensating the optical loss in the light directional coupler and the optical loop circuit is obtained in the optical amplifier 33, the light is possible to go around the optical loop circuit a plurality of times, and thus it is possible to give a relatively large frequency shift to the subsequent pulsed light.

[0006]

[Problems to be Solved by the Invention] Incidentally, in the structure of the optical frequency sweeping apparatus of the previous application, amplified spontaneous emission (ASE) occurs in the optical amplifier disposed in the optical loop circuit. This amplified spontaneous emission is stored for each circling of the pulsed light around the optical loop circuit. Thus, it is actually difficult for the pulsed light to go around a plurality of times to sweep the frequency in a wide range.

[0007] That is to say, if there is a predetermined level of the amplified spontaneous emission with respect to signal light, the population inversion formed in the amplification

medium of the optical amplifier is consumed for the amplification of the amplified spontaneous emission. Accordingly, even if the total intensity of the signal light, that is, the sum of the signal light and the amplified spontaneous emission is kept at a constant for each circling, the intensity of the signal light decreases for each circling, and thus it is not possible to sweep a frequency in a wide range by increasing the number of circling times.

[0008] It is an object of the present invention to solve such an inconvenience and to provide an optical frequency sweeping apparatus capable of sweeping a frequency of a light wave in broadband and with high precision.

[0009]

[Means for Solving the Problems] According to the invention set forth in Claim 1, there is provided an optical frequency sweeping apparatus comprising: an optical pulse modulator for converting and outputting continuous incident light from the outside into pulsed light having a predetermined pulse width; a light directional coupler having a structure for splitting incident light of a first input port and a second input port into a first output port or a second output port in order to capture the pulsed light into the first port and to use the first output port as an output port to the outside; an optical loop circuit for connecting the second output port and the second input port of the light

directional coupler and including, in a light path thereof, an optical amplifier for amplifying the pulsed light, a frequency shifter for giving a predetermined frequency shift to the frequency of the pulsed light and an optical switch for turning the pulsed light on and off; and a control circuit for synchronous controlling the optical pulse modulator and the optical switch, wherein a optical band-pass filter having a transmission band characteristic transmitting the pulsed light and eliminating amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier is inserted in the light path of the optical loop circuit.

[0010] According to the invention set forth in Claim 2, a polarized-wave control element for controlling the pulsed light in a polarized-wave state having little optical loss is further inserted in the light path of the optical loop circuit. According to the invention set forth in Claim 3, the frequency shifter and the optical switch are constituted by one acousto-optical element.

[0011]

[Operation] In the optical frequency sweeping apparatus of the present invention, when pulsed light is circling while being given a predetermined frequency shift by the frequency shifter in the optical loop circuit and being amplified by the optical amplifier, it is possible to reduce the intensity of the amplified spontaneous emission by inserting

a optical band-pass filter for remarkably eliminating the amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier in the light path of the optical loop circuit. Accordingly, the amplification of the amplified spontaneous emission in the optical amplifier is restrained when the pulsed light and the amplified spontaneous emission go around. Thus, it is possible to achieve broadband frequency sweeping by increasing the number of circling of the pulsed light.

[0012] Assuming that the noise index of the optical amplifier is m , the energy of the photon is E and the intensity of the incident light from the outside is P_0 , the following relationship is approximately holds between the bandwidth B of the optical band-pass filter inserted and the intensity P_n of the output pulsed light after the n -th circling:

$$P_n = (1 - 2mE \cdot B/P_0)^n \cdot P_0.$$

Here, the value in the parentheses is closer to 1 as the bandwidth B of the optical band-pass filter becomes smaller, and the intensity of the signal light is substantially maintained after a large number of circling times. For example, in the case where $B = 100$ GHz, $P_0 = 1$ mW for the light having a wavelength of $1.55 \mu\text{m}$, it is possible to circle 10000 times until the intensity of the signal light decreases to a half of the intensity of the incident light.

In this regard, since the frequency of the signal light is shifted for each circling, the number of circling times (frequency sweeping band) is restricted by the bandwidth B of the optical band-pass filter.

[0013] In the optical frequency sweeping apparatus of the invention set forth in Claim 2, a polarized-wave control element for controlling the pulsed light is inserted in a state having little optical loss in the light path of the optical loop circuit. Thus, it is possible to suppress the variation of the loss accompanied by the variation of the polarized wave to achieve a stable operation of the frequency sweeping output.

[0014] In the optical frequency sweeping apparatus of the invention set forth in Claim 3, by using an acousto-optical element, it is possible to share the functions of the frequency shifter and the optical switch.

[0015]

[Embodiment] Fig. 1 is a block diagram illustrating a structure of an embodiment of an optical frequency sweeping apparatus of the present invention. In this regard, the present embodiment is an embodiment corresponding to the invention set forth in Claim 2.

[0016] In the figure, an optical pulse modulator 31 captures continuous light which has occurred by a laser light source, etc., from an external input port 36 and

converts the light into pulsed light having a predetermined pulse width to emit it to a first input port (1) of a light directional coupler 34. An external output port 37 is connected to a first output port (2) of the light directional coupler 34. A second output port (3) and a second input port (4) are connected through a loop-state light guide 38. A frequency shifter 11 for giving a predetermined frequency shift to the pulsed light split by the light directional coupler 34, an optical amplifier 33, a optical band-pass filter 12 for eliminating the amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier 33, a polarized-wave control element 13, and an optical switch 14 are inserted in this light guide 38, thereby constituting an optical loop circuit.

[0017] A control circuit 35 synchronously controls the on-and-off state of the optical switch 14 and the optical pulse modulator 31. Thus, it is possible to avoid the last circling pulsed light and the pulsed light input from the outside overlapping with each other in time. Thereby, it is possible to cyclically repeat frequency sweeping.

[0018] In this regard, for the polarized-wave control element 13, for example, a $1/2$ wavelength plate or a $1/4$ wavelength plate is used. The existence of the polarized-wave control element 13 does not directly affect the operation of the light frequency sweeping. However, by

inserting it, it is possible to suppress variations of the loss accompanied by the variations of the polarized wave.

Thus, it is possible to stabilize the intensity of the output light. Also, the position of the frequency shifter 11 may be after the optical band-pass filter 12.

Furthermore, by using the acousto-optical frequency shifter 32 shown in Fig. 3, it is possible to share the functions of the frequency shifter 11 and the optical switch 14.

[0019] With this arrangement, a predetermined frequency shift is given to the pulsed light circling the optical loop circuit, and thus it is possible to change the frequency of the light output to the external output port 37 from the light directional coupler 34 in a stepwise manner using the number of shift frequency as a unit on the time axis. In this regard, by making the pulse width of the pulsed light emitted from the optical pulse modulator 31 and the loop length (circling time) of the optical loop circuit equal, it is possible to change the pulsed light produced from the external output port 37 to pseudo-continuous light having a frequency changing in a stepwise manner.

[0020] Here, the feature of the present invention is a structure in which the amplified spontaneous emission occurring in the optical amplifier 33 is eliminated by the band-pass filter 12. Thus, it is possible to suppress the deterioration of the signal light component at a minimum

even if the number of circling of the pulsed light is increased. That is to say, it is possible to sweep a broadband light frequency with high precision.

[0021] Fig. 2 are graphs illustrating an experiment result for confirming the optical frequency sweeping operation in the present embodiment. In the figure, the horizontal axis indicates the wavelength and the vertical axis indicates the intensity of light. Also, a chain-dotted line indicates a wavelength of 1534.6 nm of the light input from the outside. A solid-line waveform indicates the output produced by receiving the frequency shift. A dashed-line waveform indicates the amplified spontaneous emission impossible to be eliminated by the optical band-pass filter 12. (a) shows the appearance of a frequency shift of about 20 GHz after 270 circles. (b) shows the appearance of a frequency shift of about 40 GHz after 540 circles. (c) shows the appearance of a frequency shift of about 60 GHz after 810 circles.

[0022]

[Advantages] As described above, according to the present invention, amplified spontaneous emission occurring in an optical amplifier of an optical loop circuit light can be effectively eliminated by a optical band-pass filter, and thus it is possible to increase the number of circling times of pulsed light to very high. That is to say, it is possible to sweep a frequency in very wide broadband while

maintaining high frequency sweeping precision.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] Fig. 1 is a block diagram illustrating a structure of an embodiment of an optical frequency sweeping apparatus of the present invention.

[Fig. 2] Fig. 2 are graphs illustrating an experiment result for confirming the optical frequency sweeping operation in the embodiment.

[Fig. 3] Fig. 3 is a block diagram illustrating an example of the structure of the optical frequency sweeping apparatus in a previous application.

[Reference Numerals]

- 11 frequency shifter
- 12 optical band-pass filter
- 13 polarized-wave control element
- 14 light switch
- 31 optical pulse modulator
- 32 acousto-optical frequency shifter
- 33 optical amplifier
- 34 light directional coupler
- 35 control circuit
- 36 external input port
- 37 external output port
- 38 light guide

Translation for Drawings:

[Fig. 1]

STRUCTURE OF AN EMBODIMENT OF AN OPTICAL FREQUENCY SWEEPING
APPARATUS OF THE PRESENT INVENTION

- 11 FREQUENCY SHIFTER
- 12 OPTICAL BAND-PASS FILTER
- 13 POLARIZED-WAVE CONTROL ELEMENT
- 14 LIGHT SWITCH
- 31 OPTICAL PULSE MODULATOR
- CONTINUOUS LIGHT
- PULSED LIGHT
- 33 OPTICAL AMPLIFIER
- 35 CONTROL CIRCUIT
- FREQUENCY SWEEPING OUTPUT

[Fig. 2]

EXPERIMENT RESULT FOR CONFIRMING THE OPTICAL FREQUENCY
SWEEPING OPERATION IN THE EMBODIMENT

- (a) LIGHT INTENSITY
- (b) LIGHT INTENSITY
- (c) LIGHT INTENSITY
- WAVELENGTH

[Fig. 3]

EXAMPLE OF A STRUCTURE OF THE OPTICAL FREQUENCY SWEEPING
APPARATUS IN A PREVIOUS APPLICATION

- 31 OPTICAL PULSE MODULATOR

CONTINUOUS LIGHT

PULSED LIGHT

32 ACOUSTO-OPTICAL FREQUENCY SHIFTER

33 OPTICAL AMPLIFIER

35 CONTROL CIRCUIT

FREQUENCY SWEEPING OUTPUT

Fig. 1

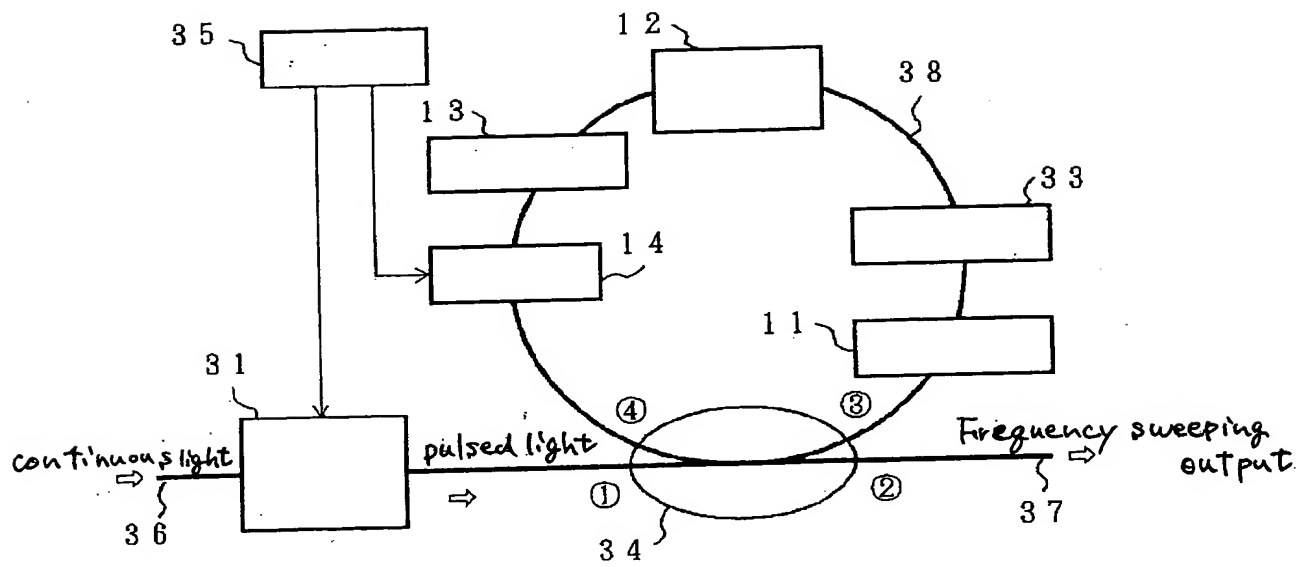


Fig. 2

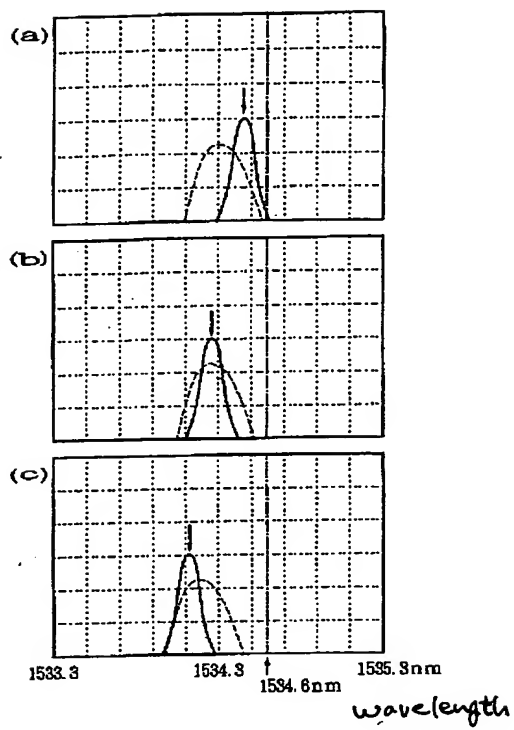


Fig. 3

